知识管理论坛 ISSN 2095-5472 CN11-6036/C
Knowledge Management Forum
E-mail: kmf@mail.las.ac.cn
http://www.kmf.ac.cn

【学术探索】

教师整合技术的学科教学知识（TPACK）模型研究

◎ 战锐
广东石油化工学院计算机学院 茂名 525000

摘要：[目的 / 意义]TPACK 框架没有对知识的层次、知识的生成、转化过程等进行描述，本文构建 TCP 教师知识系统模型将更加全面地描述教师 TPACK 结构。[方法 / 过程] 在 TPACK 框架的基础上增加知识域、知识层次和知识关联度 3 个维度，构建立体的 TCP 教师知识系统模型，借鉴系统科学和知识学的原理进行思维演绎和推导，并用立体几何的形式分析系统中变量的关系。[结果 / 结论] 分析得出 TPACK 受 TK、PK、CK 的知识域、知识层次和知识关联度的影响而变化，知识域、知识层次和知识关联度的提高对整合 TPACK 起到促进作用，并提出 4 条促进教师 TPACK 整合的途径。

关键词：整合技术的学科教学知识；TPACK；教师知识模型
分类号：G40-057

引用格式：战锐 . 教师整合技术的学科教学知识（TPACK）模型研究 [J/OL]. 知识管理论坛 , 2019, 4(4): 197-204[引用日期]. http://www.kmf.ac.cn/p/178/.

1 TPACK 理论框架的发展概述

“整合技术的学科教学知识”（Technological Pedagogical Content Knowledge, TPCK） 理论框架由 P. Mishara 和 M. J. Koehler 于 2006 年提出 [1]，该理论揭示了信息时代的教师应具备怎样的知识以及怎样的知识形式可以最有效地支持教学，这为教师知识框架中的知识成分作出了解释，也提供了教师知识研究的思路。P. Mishara 和 M. J. Koehler 认为整合技术的学科教学知识是支持教师教学活动的最有效的知识形式，发展 TPCK 应成为教师教育极为重要的目标。从系统科学的角度看，TPACK 框架是一个系统。技术知识（TK）、学科知识（CK）和教学知识（PK）构成了系统整体，它们两两交叉构成 3 个二联交互知识：学科教学知识（PCK）、技术学科知识（TCK）、技术教学知识（TPK），以及一个三联互动知识：整合技术的学科教学知识（TPCK）。这 3 种知识类型不是简单叠加，而是通过相互间的联系和动态交互，形成新的知识结构。为便于拼读记忆，全美教师教育学院

基金项目：本文系广东石油化工学院青年创新人才培育（人文社会科学）研究项目“基于 TPACK 的教师教育综合技能实训体系”（项目编号：650135）研究成果之一。
作者简介：战锐（ORCID: 0000-0003-4010-0260），讲师，硕士，E-mail: 8866506@qq.com。
收稿日期：2019-02-15 发表日期：2019-07-22 本文责任编辑：刘远颖

协会将“TPCK”改为“TPACK”，更加强调其整体性[2]。TPACK 框架如图 1 所示：

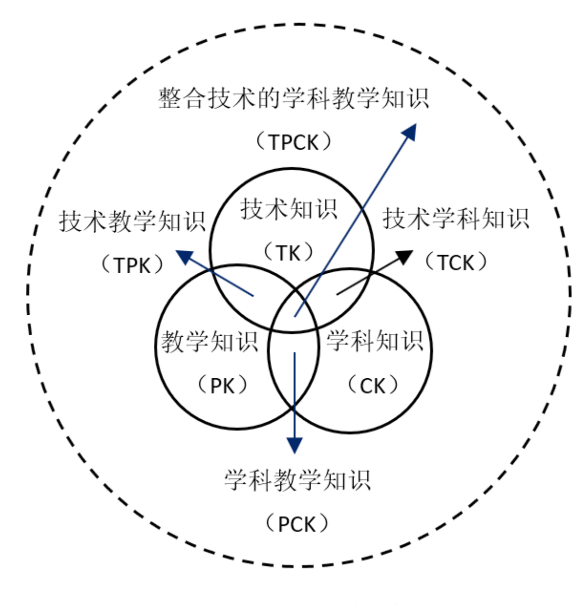


图 1 TPACK 理论框架

TPACK 框架关注其中所有的知识要素，但它存在一定的局限性，如各种概念边界模糊，各类知识的关系不清晰，知识间的作用及整合的机理不明确。C. Angeli 和 N. Valanides[3] 在 TPACK 的基础上，用信息传播技术（ICT）代替技术（T），加入了学习者知识和学习情境知识，提出网络化课目教育学知识（ICT－TPCK）框架。该模型关心整合技术的学科教学知识这种综合的知识形式，并不关心由部分基本知识相结合形成的知识[4]，而且融合了 5 种知识成分，使框架的构成更为复杂，要素之间的关系更难以分析。闫志明等[5] 提出了整合技术的学科教学知识网络模型（TCPNet），区分了知识成分及成分间的关系，将教师知识研究的关注点从局部转向了整体，进一步丰富了 TPACK 理论框架的解释力。刘喆[2] 通过对路径分析模型和结构方程模型的检验得出一维、二维整合知识和 TPACK 之间的关系：TPACK 框架中的一维核心知识对二维交互知识有正向影响，但对 TPCK 不产生直接影响；二维交互知识对 TPCK 有正向影响，且影响最为显著。

但是，当前的 TPACK 框架只能算是教师知识的一个顶层示意图，它表示了教师知识的组成，阐述了知识的类型及二维关系，没有对知识的层次作出描述，对 TPACK 发展的认知过程转变也没有说明。如果不对 TK、PK、CK3 种知识的融合机制做深入研究，宽泛而模糊地使用 TPACK 这一概念，将使 TPACK 的理论意义弱化，进而影响它对实践的指导作用[6]。为解决以上问题，本研究将构建 TCP 教师知识系统模型，对 TPACK 内部各要素间的相互影响作用进行更细致的拆解，分析 TK、PK、CK 对 PCK、TPK、TCK 及 TPCK 的影响关系，试图更加全面地描述教师 TPACK 结构；在 TPACK 框架的基础上增加了知识域、知识层次和知识关联度 3 个维度，使得教师知识系统中 3 种知识的相互关系和融合机制更加清晰。

2 知识的逻辑层次及创生机理

2.1 对知识的认识

知识是复合现象，具有多面性，因而 TCP 教师知识系统模型用三维图代替 TPACK 原来的二维框架，使得知识的描述展现为立体层面。知识还具有逻辑层次，知识的创生和发展是由数据转化为信息以及将信息转化为知识的逻辑过程，是螺旋上升的统一体[7]。因此，在 TCP 教师知识系统模型中体现知识的逻辑层次变化，更进一步揭示事实原貌。

2.2 知识的逻辑层次

从认知的角度来看，知识的生成、转化、传播和利用等过程发生在若干个不同的层面上。下层是上层的基础和素材，上层是下层的组合和升华，越往上层知识难度越高，内容越复杂。知识的逻辑层次是由数据—信息—知识—智慧构成了“认知连续统一体”，由低到高，由浅入深，由易到难，形成一个复杂的递归体系。各层次之间具有递进关系，但并非线性排列，而是互相重叠、交叉、多维耦合的（见图 2）。

知识管理论坛，2019(4):197-204
DOI：10.13266/j.issn.2095-5472.2019.021

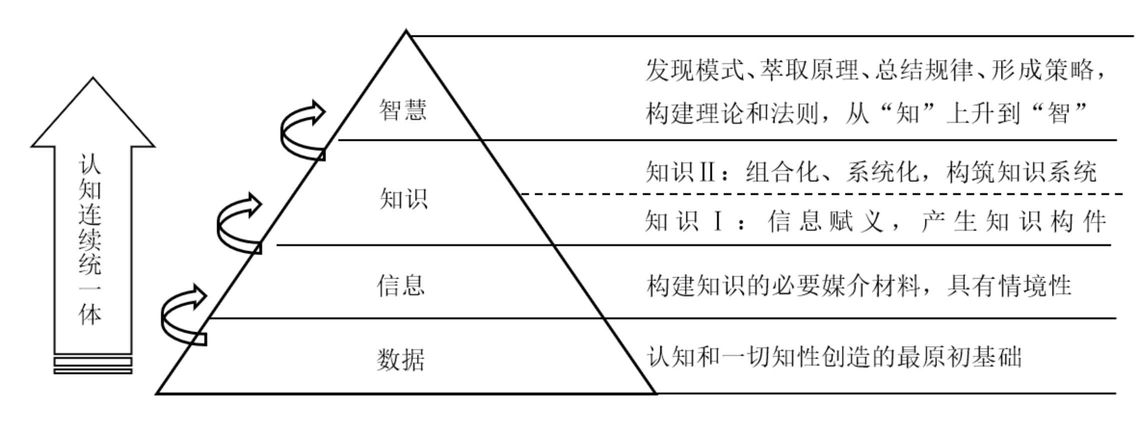


图 2 知识的逻辑层次

知识学的理论对 TPACK 模型的启示是：知识是在长时间内建立和积累起来的，不仅有量的积累，还有质的提升。因此，知识并不是平面的元素，而是具有逻辑层次的多维立体结构。

3 TPACK 知识框架的系统特征

系统是物质普遍存在的形式。相互作用、相互依存的两个以上事物（或变量）组成的具有一定功能的有机整体，称为系统。TPACK 知识框架具备系统的特征，归纳为以下几点：

3.1 整体性

系统是由两个以上的要素组成的，但不是这些要素的胡乱堆砌，而是按照一定的结构组合。系统中的一个要素变化，会引起其它要素的变化，同时任何要素的变化也依存于其它要素的变化。TPACK 中的 3 个核心要素之间是动态交互、相互影响的关系。若这些要素中有任何一个发生改变，那么就由另两个要素发生改变来进行“补偿”[1]。

3.2 开放性

知识存在并产生于一定的语义环境之中，这一过程赖以进行的环境和条件就是知识场。知识通过与知识场（环境条件）的相互作用实现信息的获取、聚合、转化。TPACK 是一个开放的系统，而构建良性信息丰富的环境非常重要，直接影响着系统的输入，内部转化与输出。

3.3 动态性

知识是有一定范围的经验、价值观、背景信息、专家观点和基本直觉的动态混合[7]，其空间结构随时间变化不断发生改变。教师的知识范畴、知识的层次、知识的关联度总是持续地发展变化并影响着知识的结构，在不同的境脉下，TK、PK、CK3 种要素发挥不同的作用，使得教育与技术的整合具有广泛的可变性，对系统的输出产生多样的结果。

3.4 层次性

系统的层次结构是系统的根本性质。知识的层次如金字塔，从下往上，知识空间逐渐缩小，知识的复杂性水平逐渐提高。下层是上层的基础，而上层是其下层的提升。TK、PK、CK 是具有层次的知识。例如，TK 包含了两层含义：物化形态的技术和智能形态的方法和技能[8]。当 TK 与 PK、CK 整合时，同样也具有层次性。信息技术与教学整合的最低层次就是教学媒体的更新。技术只是作为一种物化形态的工具，在整合时产生了新的教学媒体。

3.5 自组织性

“自组织”过程是指自发地从无序到有序，从一种有序状态到更高的有序状态转化的过程。有序和无序都是系统的某种结构。例如学生听不懂老师讲课，说明知识在学生脑海中是无序的。知识组织的实质是针对客观知识的无序化状态所实施的一系列有序化组织活动[9]。



知识管理论坛
2019 年 第 4 期（总第 22 期）

知识的整合过程也是经过混沌—有序—混沌—有序的螺旋式推进。我们期望教师的知识结构是有序程度更高的自组织系统，当系统内部要素达到一定的阈值条件（如知识量积累、知识层次提高），能够自发地向有序或更有序转化。

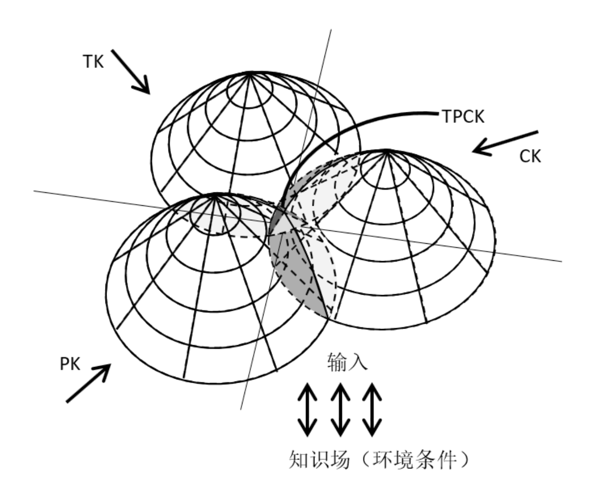


图 3 TCP 教师知识系统模型

综合以上知识的逻辑层次以及 TPACK 知识框架的系统特征，本研究提出具有系统结构的 TCP 教师知识系统模型，能可视化表征知识的立体空间和层次结构。由图 3 可见，TPACK 产生于开放的语义环境之中，从环境中实现信息的获取、聚合，并转化为知识；TPACK 由 3 种知识多重交互整合而来；知识具有层次性，从下往上，知识空间逐渐缩小，知识复杂性水平逐渐提高；不同知识间相互影响，动态交互；当 TPACK 的要素和外部环境变化达到一定的阈值条件时，会引起"自组织"，促进知识向有序或更有序转化。

4 TCP 教师知识系统变量及关系

本研究用立体几何的形式定义 TCP 教师知识系统的要素，并将要素间的关系可视化。要素组成系统后所产生的效果为组织效应，它受到要素属性的性质、系统结构及系统内部协同作用的强弱影响。因此，本研究将知识分解成知识属性（类型与范畴）、知识的结构（组织层次）和知识间的作用（关联作用）3 个要素。用 3 个圆锥体来代表 TK、PK 和 CK3 种不同类型的知识本体；圆锥的底面积代表知识域，表现知识的范畴；圆锥的高代表知识的深度，表现知识的逻辑层次；圆锥之间的距离代表知识的聚拢程度，表现知识的关联度。TCP 教师知识系统是 TPACK 理论框架的三维表示，见图 4。

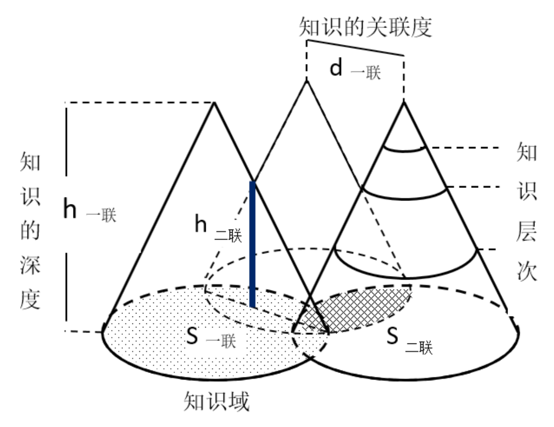


图 4 TCP 教师知识系统的几何分析

4.1 主要变量的定义

模型中涉及的因素都是动态变化的，本研究假设这些因素（知识失效率、知识获取效率等）短时间内不变。为强调 3 个核心要素的平等性和统一性，假设 3 个核心要素相等（即 3 个圆锥体大小相同）。

（1）知识是不稳定的，视为变量。用圆锥体表示一联知识 TK、PK、CK3 个变量，它们两两整合生成二联交互知识 PCK、TCK 和 TPK；中心处整合生成三联互动知识 TPCK。

（2）每个知识本体都对应着知识域，用圆锥底面积 S 表示。S 越大，知识域的范围越广，横向性知识数量越多。

（3）圆锥体由不同的层级构成，表示知识的逻辑层次。从下往上，层级逐渐提高，知识复杂性水平也逐渐提高。圆锥体的高 h 表示纵向性知识的深度。h 越大，知识的层级越高，知识的结构越优化，组织越有序，知识的难度越高。

（4）圆锥体的体积 V 表示知识空间，V 越大，知识空间越大，知识量越丰富。V=sh。

（5）圆锥体之间的距离 d 表示知识间的关联度，$d_{一联}$ 越小，圆锥体越靠近，知识间的关

知识管理论坛，2019(4):197-204
DOI：10.13266/j.issn.2095-5472.2019.021

联度越高，知识间越容易建立联系，知识越容易融合。

4.2 变量之间的关系

用思维演绎和立体几何来推导变量之间的关系是：

（1）当知识域发生变化，例如横向知识积累到一定程度时，知识的层次会提高，即知识的深度提高。由几何分析得出，当 $S_{一联}$ 增大时，$S_{二联}$ 和 S_{TPCK} 增大，$h_{二联}$ 和 h_{TPCK} 也增大，从而 $V_{二联}$ 和 V_{TPCK} 也增大。说明 TK、PK、CK 的知识域增大，得到的二联和 TPCK 知识空间也增大，整合 TPACK 的程度提高。

（2）随着 TK、PK、CK 深度的提高，整合得到的二联知识深度也会提高，进而影响 TPCK 的深度；知识的层次提高，进而促进知识的升华，生成更大的知识空间，整合得到的二联和 TPCK 知识空间也增大，从而提高整合 TPACK 的水平。由几何分析得出，当 $h_{一联}$ 增大时，$h_{二联}$ 和 h_{TPCK} 增大，从而 $V_{二联}$ 和 V_{TPCK} 也增大。

（3）知识间的联系越紧密，知识就越容易发生融合，使之更有序化发展。知识间的关联度提高，促进知识生成发展，进而提升知识的深度和层次。由几何分析得出，当 $d_{一联}$ 变小时，圆锥体间越聚拢，$S_{二联}$ 和 S_{TPCK} 增大，$h_{二联}$ 和 h_{TPCK} 也增大，从而 $V_{二联}$ 和 V_{TPCK} 增大。说明知识越聚拢，关联度越高，整合的知识空间越大，整合 TPACK 的程度越高。

总的规律是：① TPACK 是动态变化的知识，它的生成受组成要素的知识域、知识层次、知识关联度的影响而变化，二联知识直接受一联知识影响，TPCK 受二联知识的影响。②知识域增大，知识的层次提高，知识间的关联度提高，知识整合的程度就提高，它们对整合 TPACK 起到促进作用。③虽然知识域、知识层次、知识关联度与知识整合程度不是成比例的线性关系，但在总体互动中，是呈正相关的关系。

5 促进教师 TPACK 整合的途径

整合，即将零散的要素组合在一起，最终形成有价值有效率的一个整体。本研究把知识整合的过程视作为知识的创新，这是一个必须包含人的自我建构才能完成的。上述 TCP 教师知识系统分析得出：知识域增大，知识的层次提高，知识的关联度提高，知识整合的程度就提高，整合的效果更优化。因此，可得出促进 TPACK 整合的 4 个关键途径：

（1）广泛摄取信息，挖掘知识，扩大 TK、PK、CK 的知识域，并均衡自身知识的发展。知识域增大，知识整合的程度就越高。必须要有足够的数据和信息的量的积累，才能有效生成知识。按照系统论的观点，系统内部要素只有达到一定的阈值条件，才能形成自组织，促进无序向有序的转化。这就要求教师要广泛地学习各类知识，扩大知识域，完成原始知识的积累，还要加强自身知识挖掘的能力，能从海量的数据中提取足够有效的信息。在 TPACK 的 3 个核心要素中，变化最大的是 TK。如今技术更迭迅速，它已成为现代教育中十分显著而活跃的要素。技术不再是传递信息的一种手段，而是作为认知工具，用以增加学生的高级认知和延伸使用者的思维过程 [10]。从传统的黑板粉笔到如今的智能终端、交互白板、电子书包，技术已成为新时代的强势知识。TPACK 实质是教师“将技术与科目教学(PCK)有效整合的能力”。因此，对于技术知识，教师要持续关注并及时更新；对于学科内容，教师不仅要精通学生正在学习的课程材料，还要熟知学生同时正在学习的其它科目。此外，系统的部分缺陷会影响整体功能，“木桶效应”中短板会影响木桶的蓄水功能。因此，教师要均衡自身知识的发展，对缺乏的知识内容及时查漏补缺。

（2）提高 TK、PK、CK 知识的层次，不断总结规律、提取策略，促进知识向智慧转变。知识的层次提高，知识整合的程度就提高。知识的创生经历了“信息—知识—智慧—创造”的过程，这要求教师要将提取的信息进行分类、赋义，建立关联，并与特定的情境相对应，还要提升知识的层次，从“知”上升到“智”，不



断总结规律，提取策略，将“知识”转变为“能力”应用到“行动”中。对于技术的层次，R. R. Puentedura 提出了关注技术整合深度的 SAMR 模型，将技术应用的层次分为“替代—增强—改良—重新定义”[11]。技术使用的最低水平是作为直接的工具替代品，没有功能上的变化；其次是作为改进、增强功能的工具；然后是重新进行改良设计；最高层次是创造性地发挥它的功能。技术工具首先要用好它的常态功能，将技术频繁地应用并成为习惯；其次，再根据技术的功能可供性（Affordances），创造性地应用技术，打破它原有的“功能固着”。重新配置和规划技术已有的功能，并为教学所用，是提高技术知识层次的途径。在数字时代，教师要努力提升自己技术知识的层次水平，追求技术的浸润式体验和创新应用的智慧，成为数字化时代的智者。

（3）建立 TK、PK、CK 知识间的联结，提高知识关联度，提升知识融合、契合能力。知识间的关联度提高，知识整合的程度就提高。知识整合的关键在于建立知识之间的联结。TPACK 不仅是一种知识形式，更是一种思维策略和高层次能力。教师要实现 TPACK 的整合，就必须深刻理解 CK、PK、TK 以及它们之间的张力，并能不断地根据 3 个元素的变化建立联结，重新获得平衡。知识创生的原理告诉我们，教师要将新知识融入已有的知识，将不同的知识融为一体，必须让知识成为相互联系的知识块，再通过契合把融合后的知识块串接起来，使之有序化和系统化，才能促进知识的发展。TCP 教师知识系统中 TPACK 的整合程度受知识关联度的影响，而知识关联度与知识的融合程度有关，因此教师必须具备知识融合和契合的能力。另外，教师还要增加学科内容、教学法和技术知识的情境关联，加强所在学科与社会实践、与其它学科内容的联系。

（4）通过自主探究、自我建构和反复训练来获得整合经验，提高自身的知识整合能力。TPACK 属于“非良构”知识，这种知识要解决的问题是“劣性问题”（Wicked Problem），因此，只能依赖教师的认知灵活性在 3 种知识的结合与交叉中去寻找解决方案[12]，提高教师自身的知识整合能力，是解决 TK、CK、PK 多变组合问题的根本途径。整合知识需要依靠教师亲历实施整合的完整过程，通过自主探究、自我建构和多次反复训练来建立和强化知识的联结，从而获得整合 TPACK 的经验。因此，教师教育中的内容材料应该是有“缺失”的，需要被“整合”的，而不是已经“整合”加工好的，否则教师就失去了想象各种“可能性”、开放思想和训练自身整合知识的机会。所谓“建构”针对的正是知识形成过程中的“缺失”问题。TPACK 系统中要素的缺失能够让教师意识到这种缺失所带来的缺陷，然后根据这个“缺陷”来重新思考和建立新的联结；还使建立联结的知识具有广泛的多样性，不会被固定的对象所限制，有利于脱离常规，进行探索式学习。要素“缺失”实际是重设了系统中的变量，如图 5 所示：

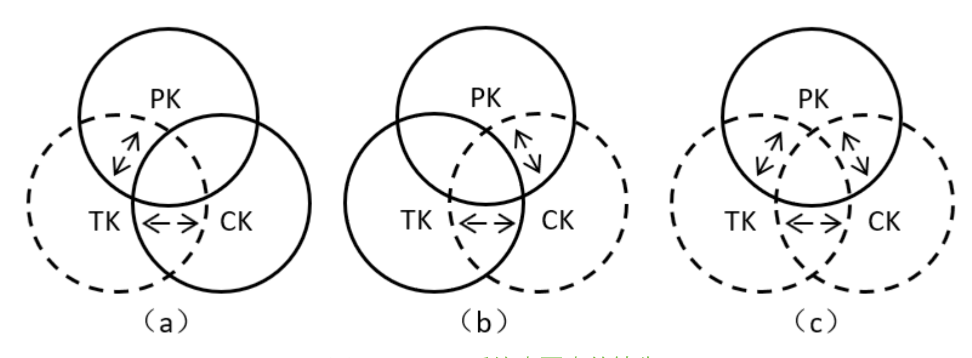


图 5 TPACK 系统中要素的缺失

知识管理论坛，2019(4):197–204
DOI：10.13266/j.issn.2095–5472.2019.021

当系统的一个要素发生改变时，为保持系统整体的动态平衡，另两个要素也会发生改变来“补偿”。要素“缺失”导致了系统内要素间的关系成为弱联结，这种关系结构有利于获取信息，因为弱联结所联系的是两个不同类别的知识，它们有不同的信息源，有利于传递新鲜或异质性信息和知识。图 5（a）是缺失了 TK 的内容材料，因此 TK 与 PK、TK 与 CK 构成了弱联结的关系。教师需要获取新的信息来补充缺失的部分，重新建立和强化联结。在这个系统中，原有的 3 个知识变量就变为了 PK、CK 为已知和自变量，TK 变为因变量（随着 PK、CK 的组合变化而变化）。教师需要根据已知的内容设计“缺失”的部分——即具体的技术解决方法以适应具体的内容目标和情境，根据教学的目的来重设技术的功能，从而提高技术应用的层次。图 5（b）中缺失了 CK，当 PK、TK 为自变量时，CK 可根据 PK 和 TK 的不同组合变化出多个结果。同样的教学内容，当技术分别作为演示呈现、表达交流、信息加工、认知、协作、研发等工具时，相应地可使用不同的教学方法。图 5（c）中，当缺失的要素有两项时，可变因素更多，整合方法更复杂，整合难度更高，可作为教师的高阶训练材料。通过补充“缺失”的部分，教师在自我建构的过程中不断挖掘知识、建立知识间的联系、融合、契合知识，从而提高知识整合能力。

6 结语

当前数字技术已深入到人们学习生活的方方面面，离开技术就是寸步难行，而在教师专业知识这个特定领域，技术大多是被当作外在工具，没有真正被深层“整合”进来。TPACK 是教师专业知识的金字塔，是教师资格认证和培养向度的核心成分，将其进行“解码”，有助于更好地揭示实践中的事实原貌。TCP 教师知识系统模型使 TPACK 的系统结构更加可视化，为教师如何将技术有意义地整合到具体学科领域的教学之中提供了方向指引，为教师教育提供了进一步研究的理论支持与启示。接下来研究的重点应放在整合 TPACK 的方法策略中，尤其是整合技术与学科知识（TCK），即如何在现代教学环境中用技术解决教学问题（TPK）。

参考文献：

[1] MISHRA P, KOEHLER M J. Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge [J]. Teachers college record, 2006, 108(6): 1017-1029.
[2] 刘喆 . 师范生整合技术的学科教学知识研究 [J]. 华南师范大学学报 (社会科学版), 2016, (4): 74-85.
[3] ANGELI C, VALANIDES N. Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPACK: advances in technological pedagogical content knowledge(TPCK)[J]. Computers & education, 2009, 52(1): 154-168.
[4] 闫志明 , 徐福荫 . TPACK: 信息时代教师专业化的知识基础 [J]. 现代教育技术 , 2013, 23(3): 5-9.
[5] 闫志明 , 李美凤 . 整合技术的学科教学知识网络 [J]. 中国电化教育 , 2014(4): 58-63.
[6] 顾艳霞 , 钱旭鸯 . 国内外 TPACK 测量方法的研究现状及思考 [J]. 远程教育杂志 , 2016(5): 97-102.
[7] 张新华 , 张飞 . 知识的语义环境和逻辑层次研究 [J]. 图书情报工作 , 2013, 57(14): 32-34.
[8] 张铁炳 , 李芒 . 用系统论的方法分析信息技术与课程整合的层次性与多样性 [J]. 电化教育研究 , 2005(11): 62-64.
[9] 李耀昌 , 姚伟 , 刘建准 . 基于知识层次的知识组织层次模型 [J]. 情报理论与实践 , 2010(5): 10-13.
[10] 邹应贵 , 黄甫全 , 邓文杰 . 技术整合型课目教育学知识的兴起 、概念与开发 [J]. 电化教育研究 , 2014(3): 15-16.
[11] PUENTEDURA R R. Transformation, technology, and education [EB/OL]. [2018-11-04]. http://hippasus.com/resources/tte/.
[12] 何克抗 . TPACK——美国“信息技术与课程整合”途径与方法研究的新发展 (下)[J]. 电化教育研究 , 2012(6): 47-56.

Research on the Model of Technological Pedagogical Content Knowledge of Teachers (TPACK)

Zhan Rui

College of Computer Science, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming 525000

Abstract: **[Purpose/significance]** TPACK framework doesn't describe the level of knowledge, and the generation and transformation process of knowledge. This paper constructed a TCP teacher knowledge system model to describe the TPACK structure of teachers more comprehensively. **[Method/process]** Based on the TPACK, this research constructed a three-dimensional TCP teacher knowledge system model, added three dimensions, including knowledge domain, knowledge level and knowledge related degree. Then, it drew on the principle of system science and knowledge science for thinking deduction and deduction, and analyzed the relationship between system variables in the form of solid geometry. **[Result/conclusion]** It was concluded that knowledge domain, knowledge level and knowledge related degree of TK, PK and CK can influence integration of TPACK, and the influence is positive. Besides, four ways to improve teachers' TPACK integration ability were put forward.

Keywords: technological pedagogical content knowledge　TPACK　teacher knowledge model